

愛知県三河地域における 3 次元地下構造モデルの構築と地震動シミュレーション

3-D underground structure model and simulation of seismic motions in the Mikawa area, Aichi prefecture

#佐口 浩一郎 [1], 正木 和明 [2]

#Koichiro Saguchi [1], Kazuaki Masaki [2]

[1] 株式会社日本アムスコ, [2] 愛知工業大学

[1] Nihon Emsco Ltd., Co. , [2] Aichi Institute of Technology

1. はじめに

愛知県三河地域は我が国でも有数の産業が集積しており, 近い将来, 東海・東南海地震が発生した場合, 多大な死者と経済損失の発生が危惧される. 建造物の被害や人的被害の軽減等, 今後の地震対策強化のためにも建造物の耐震安全性の検討・被害予測などに強震動予測は必要不可欠である. しかしながら, この地域における強震動予測を行う際に必要な 3 次元地下構造モデルは未だ十分とは言えない. 本研究は三河地域において地震観測 (Ai-net) を実施し, 得られた観測記録からレーザー関数法を用いて観測地点直下の地下構造の推定を行い, 多地点同時インバージョンによって三河地域における 3 次元地下構造モデルの構築を行った. さらに, 構築したモデルを用いて 3 次元有限要素法による地震動シミュレーションを行った.

2. レーザー関数法と焼きなまし法による地下構造の推定

本研究では三河地域に 30 地点からなる地震観測網 (Ai-net) を構築しており, 各観測点の地震記録からレーザー関数¹⁾を算出した. レーザー関数の算出には 7 地震を使用し, 解析区間は P 波初動より約 5 秒間とした. なお, 観測波形には 1Hz~10Hz のバンドパスフィルターを施している. 各観測点直下の地下構造の同定には観測記録から算出したレーザー関数を用いて焼きなまし法²⁾を用いた. 同定に用いるレーザー関数の理論値は HASKELL 法³⁾によるインパルス応答によって算出した. 焼きなまし法による地下構造の同定では, 探索パラメータを V_p (P 波速度), V_s (S 波速度) および H (層厚) とし, 探索範囲は V_p および V_s では初期値 $\pm 50\%$, H では初期値 $\pm 90\%$ とした. なお, Q 値はそれぞれ $Q_{p0}=V_p/15$ および $Q_{s0}=V_s/15$ とし, $Q=Q_0 \cdot f$ (周波数依存) とした. さらに, すべての観測点を用いた多点同時インバージョンにより三河地域における地下構造を 5 層の堆積層と地震基盤からなる速度構造モデルが得られた.

3. 三河地域における 3 次元地下構造モデルの構築

三河地域においては, 反射法による地下構造探査が実施されている⁴⁾. 本研究では, 得られた速度構造モデルを基本として, $50\text{km} \times 50\text{km} \times 10\text{km}$ 程度の領域を 3 次元地下構造モデルとして新たに構築した. モデル化に際しては, 地震観測点が存在する部分については, 得られた速度構造モデルをそのまま使い, 地震観測点のない部分については既往の探査結果にて補完することによりモデル化を行った.

4. 3 次元有限要素法による地震動シミュレーション

得られた 3 次元地下構造を用いて 3 次元有限要素法により 2005 年 12 月 24 日の愛知県西部の地震 ($M_j=4.8$) のシミュレーションを実施した. 3 次元有限要素法による強震動シミュレーションでは, 局所的な対象領域のみをモデル化し, 遠方の震源による地震力と等価な地震力を入射境界面から入力する手法^{5) 6)}を用いる. 解析には三河平野外縁の岩盤露頭観測点における観測記録の 3 成分を入射地震動としてモデル下部境界および震源側の側方境界において平面波として入射させた. 対象とする周期帯域は 0.5 秒以上とし, 入射角は震源からモデル底部に対しての入射角とした. モデルの外側領域においては吸収領域を設けた. 解析の結果, 各観測点における観測記録との整合性は概ね調和的であった.

参考文献

- 1) Langston, C.A. : Structure under Mount Rainier, Washington, inferred from teleseismic bodywaves., J. Geophys. Res. 84, 4749-4762, 1979
- 2) Ingber, L. : Very fast simulated annealing, Math. Comput. Modeling, Vol.12, No.8, pp.967-973, 1989
- 3) Haskell, N.A. : Crustal reflection of plane P and SV waves. , J. Geophys. Res. 67, 4751-4767, 1962
- 4) 愛知県 : 16 年度 三河地域堆積平野地下構造調査報告書, 2005
- 5) Jacobo Bielak, Kostas Loukakis, Yoshiaki Hisada, Chiaki Yoshimura : Domain Reduction Method for Three-Dimensional Earthquake Modeling in Localized Regions, Part I : Theory, Bulletin of the Seismological Society of America, 93, pp.817-824, 2003
- 6) Chiaki Yoshimura, Jacobo Bielak, Yoshiaki Hisada, Antonio Fernández : Domain Reduction Method for Three-Dimensional Earthquake Modeling in Localized Regions, Part II : Verification and Applications, Bulletin of the Seismological Society of America, 93, pp.825-841, 2003

英文

3-D underground structure model and simulation of seismic motions in the Mikawa area, Aichi prefecture

Koichiro Saguchi [1], Kazuaki Masaki [2]

[1] Nihon Emsco Ltd., Co. , [2] Aichi Institute of Technology

Mikawa area is one of the most eminent industry one in Japan and when Tokai and Tonankai earthquake will occur in the near future, it concerned that large economic and human loss will happen in this area . However, three dimensional under ground structural model is not clear still enough for the estimation of the strong ground motions in this area. In this study, we constructed the seismic observation net (Ai-net) in the Mikawa area and we estimated the three dimensional under ground structural model using the receiver function method from the obtained records at Ai-net To accomplish it, we simulated seismic ground motions at observation sites at the Ai-net using the three-dimensional finite element method

The seismic ground motion array observation has been continued after 2005 in the Miakwa area. Acceleration type strong motion seismometers with three components were installed at 30 sites in this area. We calculated the receiver functions from 7 seismic records obtained at each station, and we identified the underground structural model using the simulated annealing method (Ingber (1989)). Based on numerical experiments it is indicated that P-wave velocities, S-wave velocities and Q values of individual layers are inverted very well. Moreover, we constructed the three dimensional under ground structural model in this area obtained from P-wave and S-wave velocity profiles of thick sediments at each station.

Finally, we simulated seismic ground motions at observation sites at the Ai-net using the three-dimensional finite element method considering three-dimensional velocity structure down to 10km. The results indicate that the maximum accelerations in simulated waveforms were similar to the observed one.